ANTONIO ALLEGRA

OERSTED E GLI ALTRI: INTERPRETAZIONE PLURALISTA DELLA NASCITA DELL'ELETTROMAGNETISMO

Estratto da: « *Annali della Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università degli Studi di Perugia* »
volume XXVI, nuova serie XII, 1988/1989
4, STUDI FILOSOFICI

Nell'estate del 1820 una sorprendente notizia si diffuse rapidamente nelle società scientifiche d'Europa. In Danimarca, Paese non certo al centro del pulsare delle ricerche più *à la page,* un fisico non notissimo andava annunciando di essere riuscito là dove gli sforzi dei ricercatori di Francia o Gran Bretagna avevano fallito. Finalmente, si sosteneva in una breve memoria latina presto tradotta in tutte le principali lingue europee, era stato rinvenuto un esempio sicuro e probante della lungamente ricercata relazione o influsso reciproco tra elettricità e magnetismo [1]. Dopo un primo momento di incredulità, motivato dalle ragioni che vedremo tra breve, tale scoperta ebbe conseguenze notevolissime: si trattò, com'è noto, dell'atto di nascita dell'elettromagnetismo, una vera e propria subdisciplina, tra le tante che allora venivano alla luce, della scienza fisica. Era la confluenza di due antichissimi campi d'interesse, di cui da sempre si era immaginato o ipotizzato il rapporto [2]. Dalla grande scoperta originaria di Hans Christian Oersted si sprigionò un ampia sequela di ricerche e di teorie in un senso anche assai lato collegabili a quella iniziale: le indagini sulla storia o sui caratteri delle

[1] Vedi il testo della memoria nella (eccellente) edizione nazionale delle opere di Oersted in occasione del centenario della scoperta, che riproduce ogni testo nella lingua di pubblicazione originale o, per gli inediti, in quella di stesura: *Naturvidenskabelige Skrifter... Scientific Papers,* III voll., Copenhagen 1920; II, pp. 214-218. Nel 1920 furono anche raccolte le traduzioni coeve: *The Discovery of Electromagnetism Made in the Year 1820,* Copenhagen. Ricordo, semplicemente per dare un'immagine della loro diffusione, anzitutto quelle nelle grandi riviste: il *Journal für Chemie und Physik* di Schweigger, gli *Annales de chimie et de physique,* e gli *Annals of Philosophy;* ma anche negli *Annales génerales des sciences physiques,* nella *Bibliothéque universelle des sciences,* nel *Giornale di fisica, chimica e storia naturale,* nel *Giornale arcadio di scienze,* negli *Annalen der Physik* di Gilbert, e nel *Journal de physique.* Ho intenzione di approfondire ulteriormente in futuro la vicenda della scoperta di Oersted.

[2] Già Diogene Laerzio, ricordando il passo aristotelico su Talete, accosta pietra magnetica ed ambra (I, 24).

teorie di campo riconoscono generalmente nell'opera del *Naturforscher* danese una protostoria (la storia piena inizierebbe con Faraday) della disciplina [3].

Ma la scoperta ebbe in primo luogo alcune specifiche ripercussioni nella società scientifica europea, sul procedere immediatamente susseguente delle sue ricerche. Il presente studio, analizzando contrapposta-mente ciò che si fece in Francia e in Gran Bretagna, intende ricostruire l'inevitabile condizionamento nella ricezione di un risultato, in specie di un risultato eterodosso, come quello di Oersted, da parte delle differenti prospettive e delle diverse tradizioni che entrano in gioco. Ciò può indicare, oltre che la plausibilità della preminenza accordata dalla moderna storiografia della scienza ai presupposti teorici, anche la fertilità di questi stessi condizionamenti, nella misura in cui costituiscono un fattore di arricchimento. Com'è noto, è difficile immaginare due impostazioni della scienza fisica più diverse di quelle di francesi e britannici nell'Ottocento [4], sia pure con radicalità variabile nel corso del secolo. Uno dei luoghi più caratteristici della reciproca incomprensione è quello delle teorie costruite, anzitutto per spiegare la novità che veniva dalla Danimarca, e in seguito per dare conto di tutto il nuovo campo dell'elettromagnetismo che veniva alla luce. Cambiano le richieste che vengono poste alla teoria fisica, a spia di una diversa concezione della fisica *tout court*. Sono diversi tanto i termini (i parametri) delle teorie, la configurazione degli stessi, quanto, da ciò segnalate, le categorie generali o i quadri mentali che dir si voglia che sono in gioco. Porsi quelle domande, e non altre, segnala un nucleo « metafisico » preciso.

Inoltre, ricostruendo la visione della scienza fisica dei britannici, in particolare di Michael Faraday, si cercherà di esplicitare alcuni pa-

[3] Accenni *en passant* in questo senso sono pressochè inevitabili: vedi a titolo di mero esempio B. GIUSTI DORAN *Dalla concezione meccanica alla concezione elettromagnetica della natura*, tr. it., Bologna 1981, p. 36; E. BELLONE *I modelli e la concezione del mondo da Laplace a Bohr*, Milano 1973, pp. 101 ss. e *passim;* L. PEARCE WILLIAMS *The Origins of Field Theory*, New York 1966, pp. 56-58. Sull'argomento complessivamente J. L. HEILBRON *The Electrical Field before Faraday*, in *Conceptions of Ether*, a cura di G. N. Cantor e M. J. S. Hodge, Cambridge 1981, pp. 187-213. Allo stesso modo la conclusione del tragitto nell'opera di Einstein viene in genere messa in luce. Il testo più completo sulle teorie di campo è M. BERKSON *Fields of Force*, London 1974. Una leggibile sintesi nel X° cap. *Fisica dei campi* del libro di C. C. GILLISPIE *Il criterio dell'oggettività. Un'interpretazione della storia del pensiero scientifico*, tr. it., Bologna 1981, pp. 383-460, e nel noto studio di MARY HESSE *Forze e campi*, tr. it., Milano 1974, pp. 219-252.

[4] Questa diversità della tradizione anglosassone rispetto alla continentale, sia nell'attenzione all'empiricità, sia nel punto connesso, o derivato, dell'uso di modelli analogici e geometrizzanti, fu colta in maniera paradigmatica da PIERRE DUHEM, in pagine famose del suo capolavoro *La teoria fisica: il suo oggetto e la sua struttura* (1906 e 1914), tr. it., Bologna 1978, pp. 63-116, spec. pp. 78 ss. (p. 80 per l'immagine delle teorie d'oltremanica come una « officina »), ma anche 111 ss.

rallelismi o coincidenze tra la loro prospettiva e quella oerstediana. Come dire, schematicamente, che l'empirismo britannico entra in consonanza, relativamente paradossale, con un esito della *Naturphilosophie* come la scoperta di Oersted, mentre al contrario il newtonianesimo francese è un fattore molto importante di filtro: a partire da esso diviene particolarmente necessaria un'attività di ritraduzione e normalizzazione (però anche su questo punto sarà necessaria qualche precisazione).

La scoperta di Oersted e l'opera di Ampère

Delineeremo per prime le reazioni della fisica francese. Come si è appena detto, si può intendere questa attività come uno sforzo volto innanzitutto alla rinormalizzazione dei presupposti del sorprendente esito di Oersted, non meno che delle conseguenze che egli ne tirava [5]. Ma anzitutto è dunque necessario schizzare, in maniera ingiustamente breve, gli elementi fondamentali dell'interpretazione del danese. A causa di quali elementi in essa, se ne rendeva necessaria la reinterpretazione? Oersted, come noto, era per formazione un *Naturphilosoph*. Già il titolo delle quattro pagine del '20 (*Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticum*), contiene alcuni segnali particolari [6].

[5] Sostanzialmente così, ad esempio, M. La Forgia in *L'esperienza di Oersted e la sua interpretazione nelle teorie di Faraday e di Ampère*, « Giornale di Fisica », 1980 (XXI), pp. 125-142, e anche nell'*Introduzione* all'utilissima antologia, da lui curata, *Elettricità, materia e campo nella fisica dell'Ottocento*, Torino 1982, pp. 7-55, a pp. 15 ss. Ma uno dei migliori articoli su Ampère è quello di K. L. Caneva *Ampère, the Etherians, and the Oersted Connexion*, « British Journal for the History of Science », 1980 (XIII), pp. 121-138, che ha il grande merito di ricontrollare tutta la questione del « newtonianesimo » del fisico francese. Una risistemazione storica delle esperienze di Ampère tra il settembre e l'ottobre del '20 è fornita da L. Pearce Williams in *What Were Ampère's Earliest Discoveries in Electrodynamics?*, « Isis », 1983 (LXXIV), pp. 492-507. Una sintesi complessiva è T. M. Brown *The Electric Current in Early Nineteenth-Century Physics*, « Historical Studies in the Physical Sciences », 1969 (I), pp. 61-103. Quanto al carattere inaudito della scoperta di Oersted, esso è testimoniato paradigmaticamente in alcune pagine di A. Einstein - L. Infeld *L'evoluzione della fisica*, tr. it., Torino 1953, pp. 95 ss., spec. 97 e 98: l'esperimento di Oersted rappresenta la prima grande difficoltà « nell'applicazione dei criteri meccanicisti »; esso rivela un rapporto « tra fenomeni apparentemente diversi: magnetismo e corrente elettrica », ma il suo interesse sta specialmente nella forza riscontrata, che « è perpendicolare a queste linee di congiunzione! », etc. Un simile giudizio si può paragonare a quello di J. Agassi *Le radici metafisiche delle teorie scientifiche*, tr. it., Roma 1983, per cui la scoperta di Oersted « indebolì la forza interpretativa del newtonianesimo », p. 64.

[6] Su Oersted ricordo qui lo studio più completo: non altro, nonostante gli an-

Va intanto osservato che *experimenta* certifica una scelta di metodo - e infatti il testo non è che una descrizione dell'esperimento in questione cui segue brevemente una proposta di modello esplicativo. Questa scelta metodica ed espositiva è stata interpretata regolarmente nel senso di una precisa volontà di normalizzazione da parte di Oersted del suo originario retroterra culturale di fronte alle severe società scientifiche di Francia e Gran Bretagna, che avevano in precedenza stroncato le ricerche di Ritter, proprio da Oersted presentate a Parigi con ben scarso successo [7]. Non sono del tutto d'accordo con questa interpretazione. L'*effectum* nel titolo oerstediano conserva nel suo senso fenomenista una duplice valenza: da un lato è presente l'opzione per una tradizione interna alla *Naturphilosophie* che, diversamente da quella schellinghiana od hegeliana, era attenta al momento empirico, in un senso passibile di elaborazione sperimentale, del fenomeno - certo una opzione che sembra la più adeguata per uno scienziato concretamente impegnato, anche se impegnato pur sempre, e questo non va sottovalutato, in termini quasi di corroborazione o estensione delle sue idee giovanili. Dall'altro, attraverso questa scelta di metodo non incoerente con la sua formazione intellettuale, Oersted si garantisce la possibilità di ottenere per il proprio lavoro un riconoscimento di serietà, e dunque quell'adeguata considerazione che meritava. In realtà Oersted, come *Naturphilosoph*, è eminentemente un kantiano [8]. La sua *dissertatio*, del 1799, non è altro che una esposizione degli *Anfan-*

ni, che l'introduzione all'edizione sopra citata delle opere: K. MEYER *The Scientific Life and Works of H. C. Oersted*, in *Naturvidenskabelige...*, cit., I, pp. XIII-CLXVI. In italiano, oltre al testo del La Forgia citato nella nota precedente, vedi il sottile F. MOISO *H. C. Oersted filosofo della natura e la scoperta dell'elettromagnetismo*, in AA. VV. *Romanticismo Esistenzialismo Ontologia della libertà*, Milano 1979, pp. 96-119.

[7] Cfr. paradigmaticamente K. MEYER, op. cit., p. XVI e *passim* (a p. LIV, e *passim*, per giudizi negativi sulla *Naturphilosophie* di Oersted). Nello stesso senso il giudizio di M. LA FORGIA nell'*Introduzione* citata, pp. 10-11, e di R. STAUFFER *Speculation and Experiment in the Background of Oersted's Discovery of Electromagnetism*, « Isis », 1958 (XLVIII), pp. 33-50, a pp. 38 ss., che con *Persistent Errors Regarding Oersted's Discovery of Electromagnetism*, « Isis », 1953 (XLIV), pp. 307-310, dello stesso autore, costituisce uno dei migliori studi su Oersted (anche se in parte, in effetti, una divulgazione dei risultati della Meyer). Sulla presentazione dei risultati di Ritter a Parigi, cfr. la ricostruzione della Meyer, pp. XXIX-XXXI e ss.

[8] Per questo giudizio cfr. J. AGASSI *Faraday as a Natural Philosopher*, Chicago - Londra 1971, ad esempio pp. 90-91 e *passim*, confermato in *Leibniz's Place in the History of Physics*, « Journal of History of Ideas », 1969 (XXX), pp. 331-344, a p. 341; ma vedi specialmente l'analisi di F. MOISO, art. cit., spec. pp. 100 ss., che interpreta la posizione teorica di Oersted nel mio stesso senso. Sembra in effetti alquanto macchinoso, o poco verosimile, postulare una scissione tra l'attitudine sperimentale di Oersted e le sue teorie (cfr. K. MEYER, op. cit., p. XVI), o riconoscere una progressiva presa di coscienza della « necessità » della sperimentalità.

gsgründe [9]; verosimilmente questa origine può dare conto della costante attenzione alle ragioni dell'« esperibile ».

Ma, nel titolo della memoria del '20, soprattutto *conflictus electrici* è espressione importante, sia per corroborare quanto è stato appena detto, sia per evidenziare quei caratteri antinewtoniani sui quali si appuntò l'attenzione critica di Ampère. *Conflict* è espressione kantiana degli *Anfangsgründe*. Attraverso lo schizzo di una polemica con Eschenmayer da parte di Oersted, Francesco Moiso ha mostrato inoppugnabilmente che il referente giovanile e non solo giovanile oerstediano sono per l'appunto le espressioni kantiane (o fichtiano-kantiane); non, le riformulazioni schellinghiane. Da un lato, l'aspetto « conflittuale », e fenomenista, restava così acquisito; dall'altro, non ci si esime « dall'obbligo di una ricerca empirica comparata sui rapporti reciproci di coesione tra i corpi ». In generale, all'interno della *Naturphilosophie* appare una posizione Oersted-Ritter, differenziata da quella di Schelling-Steffens: decisiva resta l'opzione per l'« intelletto » e dunque per l'« esteriorità » [10].

Negli *Experimenta, conflictus electrici* viene ad indicare lo specifico **effetto** che è la scoperta. Il senso ne è spiegato, od esplicitato, dalle parole finali della memoria:

> « dalle osservazioni che precedono appare evidente che il conflitto elettrico non rimane racchiuso nel conduttore, ma si propaga ampiamente nello spazio circostante. Dai fatti osservati si può arguire altresì che questo conflitto compie delle spire attorno al conduttore [...] tutti gli effetti sul polo settentrionale, qui esposti, si comprendono facilmente supponendo che l'elettricità di segno negativo percorra una spirale destrorsa [e viceversa] l'accordo di questa legge con la natura si vede meglio grazie alla ripetizione degli esperimenti, più che per lunga spiegazione ». E infine: « alle cose già dette aggiungerò solo che, io ho già dimostrato, in uno scritto pubblicato cinque (*scil.* sette) anni fa, che la luce e il calore sono un conflitto elettrico. Dalle osservazioni qui sopra esposte si può concludere che anche in questi effetti

[9] *Dissertatio de forma metaphysices elementaris naturae externae.* Il titolo si riferisce proprio al kantiano « senso esterno ». Vedila in *Naturvidenskabelige...*, cit., I, pp. 79-105; è preceduta da un'altra esposizione degli *Anfangsgründe*, in danese, dal titolo indicativo: *Grundtraekkene af Naturmetaphysiken*, pp. 33-78.

[10] La citazione è da F. Moiso, art. cit., p. 103; vedi pp. 101-103 per l'opposizione di Oersted alla tesi di Eschenmayer, e la reazione susseguente di Schelling. Per l'individuazione degli schieramenti teorici, cfr. p. 105 e spec. 107. Per il *Conflict* kantiano, cfr. *Primi principi metafisici della scienza della natura*, tr. it., Bologna 1959, p. 83 (si tratta del 2° *Zusatz* all'8° *Lehrsatz*). Su Ritter, vedi l'articolo di Moiso, p. 108 ss., spec. 113 ss., dove si sostiene il rapporto Ritter-Oersted (su cui vedi anche K. Meyer, op. cit., pp. XXIX-XXXIV e *passim*) quale matrice « ondulatoria » della scoperta di Oersted. Del Ritter vedi ora la traduzione italiana dei *Frammenti dall'opera postuma di un giovane fisico*, Roma-Napoli 1988, a cura di G. C. Baffo, che conferma il singolare interesse di questa figura.

ha luogo un movimento in tondo. Credo che ciò potrà servire a spiegare quei fenomeni che si chiamano di polarizzazione della luce » [11].

Da questi brani, senza imbarcarci in una ricostruzione complessiva delle idee di Oersted e, dunque, anche della fitta rete di riferimenti interni ed esterni che è in essi presente, si possono desumere i seguenti elementi fondamentali: anzitutto l'espressione che indica il flusso di elettricità non si limita più ad indicarne lo scontro (generalmente teorizzato tra due fluidi) che ha luogo nel corpo del conduttore, come avviene nella fisica regolare dell'epoca, ma si applica, in maniera del tutto nuova e sorprendente, **allo spazio circostante e in maniera circolare,** cioè attraverso forze applicate lateralmente - elementi tanto eretici quanto pionieristici. Il dinamicismo kantiano di Oersted sembra, in ultima analisi, condurre all'esito di un radicale fenomenismo (coerentemente, sotto ogni punto di vista, con quanto si è sopra suggerito). Inoltre è anche rivendicata, da Oersted stesso, mentre sta ottenendo un importantissimo risultato, la continuità e la coerenza dell'opera di una vita, quasi a suggerire *ante litteram* una vera e propria applicazione, da parte sua, di un programma di ricerca.

Ma se il fenomenismo è la chiave della vocazione empirica e verificabile che Oersted ripetutamente asserisce e si attribuisce, anche in questo breve passo, esso è anche probabilmente la *conditio sine qua non* per il danese per riconoscere l'originarietà dell'« apparenza » circolare che l'esperimento metteva in vista. Essa sarebbe stata inevitabilmente plasmata e tradotta in termini ortodossi se il fenomeno fosse stato scoperto da un giovane fisico, francese ad esempio desideroso di entrare a far parte di una qualche *societé,* nel grande processo istituzionale che nei Paesi più evoluti d'Europa segna la nascita della scienza moderna ma anche delle sue limitazioni costitutive [12].

In effetti l'opera di Ampère si muove in questo senso, che è inequivocabilmente l'elemento determinante dell'autocomprensione del fisico francese nelle pagine iniziali del suo capolavoro, la *Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques, uniquement deduite de l'experience* [13]. In Francia la progrediente, e relativamente

[11] *Experimenta circa effectum...*, cit., p. 218. Traduzione mia. Ne è compresa una pressoché integrale nella *Grande Antologia Filosofica,* vol. XXI, Milano 1971, pp. 184-189.

[12] In questo stesso senso J. Agassi *Faraday as a Natural Philosopher,* cit., p. 45.

[13] Parigi; composta nel '25 ma pubblicata nel '27, caratteristica fin dal titolo, nel richiamo alle *Regulae philosophandi* anteposte al III° libro dei *Principia.* In traduzione in André-Marie Ampère *Opere,* a cura di M. Bertolini, Torino 1969, pp. 245-464 (in seguito semplicemente *Opere*). Cfr. pp. 245-249: « i lavori di Newton

avanzata, istituzionalizzazione della fisica, era eminentemente congiunta, attraverso importanti successi, all'impostazione di un newtonianesimo perfezionato che si è soliti a buon diritto coagulare nella figura di Laplace (ma sulla stessa falsariga, e forse più, anche Lagrange) [14]. Questo allargamento semi-automatico del complesso di procedimenti di matrice newtoniana, che fornisce uno dei paradigmi più vistosi alla teoria dei paradigmi di Kuhn [15], è concepito nel quadro di una natura semplice; l'estendibilità stessa deriva anzi, dalla convinzione della semplicità. Risalire grazie ai più raffinati strumenti matematici, dall'apparenza ben poco lineare, e ben poco matematica, dei fenomeni fisici, a teoriche applicazioni a distanza di forze, era ciò che, nei termini più generali possibili, caratterizzava i seguaci dell'indirizzo. La strategia della riduzione di complessità attraverso la matematica, riusciva nella mi-

hanno segnato [...] l'epoca nella quale lo spirito umano si è aperto una nuova via nelle scienze [...] Newton ci ha insegnato che questo genere di movimento [di rivoluzione] deve, come tutti quelli che ci offre la natura, essere ricondotto, per mezzo del calcolo, a forze agenti sempre fra due particelle materiali secondo la retta che li congiunge [...] egli stabilì che tale legge dovesse essere dedotta dai fatti osservati [tale via] è stata, in generale, adottata in Francia dagli scienziati ai quali la fisica deve gli immensi progressi che ha fatto in questi ultimi tempi, ed è pure quella che mi è servita da guida in tutte le mie ricerche sui fenomeni elettrodinamici [...]. Non ho fatto alcuna ricerca sulle cause a cui attribuire tali forze [...] perciò ho evitato di parlare delle idee che potevo eventualmente avere sulla natura della causa delle forze [...] sembra che questa via, la sola che possa condurre a risultati indipendenti da ogni ipotesi, non sia stata preferita dai fisici del resto d'Europa, come invece lo è stata da quelli francesi. [Oersted] è venuto alla conclusione che la materia elettrica ruotasse intorno al filo e spingesse i poli nel moto, proprio come Descartes [...]. Guidato dai principi della filosofia newtoniana, io ho invece ricondotto il fenomeno osservato da Oersted, come si è sempre fatto con tutti i fenomeni dello stesso genere che ci mostra la natura, a forze agenti sempre secondo la retta che congiunge le due particelle fra le quali queste si esercitano [...] ».

[14] Sui caratteri di *Scienza e potere in Francia alla fine dell'ancién régime* esiste, con questo titolo, una sintesi brillante di C. C. GILLISPIE, tr. it., Bologna 1983. La letteratura sul gruppo laplaciano è molto ampia: vedi almeno l'ottimo libro socio-storico di M. CROSLAND *The Society of Arcueil,* London 1967. Specificamente su Laplace la monografia di R. HELM *Laplace as a Newtonian Scientist,* Los Angeles 1967. In italiano F. BARONE *L'epistemologia di Pierre Simon de Laplace,* in *Immagini della scienza,* Roma-Bari 1983, pp. 115-137. Tuttavia Laplace era paradossalmente all'origine, sia attraverso il suo lavoro con Lavoisier sia attraverso quello nel campo della teoria della probabilità, degli sviluppi antinewtoniani della termologia, non semplicemente come ricercatore che apre in certo modo questo campo, ma che lo apre riconoscendo per primo vera e propria legittimità scientifica alla « probabilità », al suo uso per quanto provvisorio (*Théorie analytique des probabilites,* Parigi 1812. Vedi E. BELLONE, op. cit., pp. 31-35 e ss.).

[15] Il riferimento naturalmente è a *La struttura delle rivoluzioni scientifiche,* tr. it., Torino 1978, con il *Poscritto 1969.* In questo e nel quinto capitolo in particolare Kuhn definisce (o chiarisce, in relazione all'ampio e ben noto dibattito che è seguito: cfr. anche il successivo *Nuove riflessioni sui paradigmi,* in *La tensione essenziale,* tr. it., Milano 1985, pp. 321-350) il suo concetto di paradigma.

sura in cui ripristinava un empiricamente mai dato sistema di azioni semplici, che nel loro integrarsi potessero dare conto del fenomeno macroscopico [16].

E' il momento in cui per prima volta alcuni importanti settori dell'esperienza fisica svelano la loro attitudine e (relativa) docilità alla lettura matematica, mostrano la sua fruttuosità, come un tempo accadde ai fenomeni del movimento ricompresi dalla meccanica. Alla fine del Settecento un importante successo è quello di Coulomb, per quanto riguarda la statica di elettricità e magnetismo. Dato il paradigma newtoniano, per Coulomb

> « il faut necessairement recourir à des forces attractives et repulsives de la nature de celles dont on est obligé de servir pour expliquer la pesanteur des corps et la physique celeste » [17].

La riuscita di Coulomb testimonia della bontà del programma; la chiarezza del suo esempio, fa da modello e suggerisce che i fenomeni in questione possono essere e vadano ricompresi nella prospettiva « newtoniana ». Ora, si può osservare che invece l'esperienza di Oersted rappresenta una vistosa smentita al modello coulombiano, come modello della elettrodinamica. Non solo l'azione oerstediana, come abbiamo rapidamente visto, si esplica secondo forme non-newtoniane; ma inoltre, nel quadro dell'attività onnipresente dei fluidi, così necessaria non solo all'ipotesi dell'azione a distanza ma anche alla logica della separazione tra cause microscopiche ed effetti macroscopici, Coulomb, introducendone uno per l'elettricità e un altro per il magnetismo, aveva provocato una eterogeneità non superabile tra due mondi di fenomeni, generati da sostanze per definizione diverse. In una lettera di

[16] Per questi caratteri, oltre alla bibliografia citata nella nota 14, e altro che sarà visto in seguito, cfr. specialmente J. W. Herivel *Aspects of French Theoretical Physics*, « British Journal for the History of Science », 1967-68 (III), pp. 109-132.

[17] C. Coulomb *Recherches sur la meilleure manière de fabriquer des aiguilles aimantées* (1780), in *Collection de memoires relatif a la physique*, I, Parigi 1884, p. 9. Nella stessa raccolta sono ristampate le sei altre memorie dall'85 all'88, pp. 107 ss. Su Coulomb vedi C. S. Gillmor *Coulomb and the Evolution of Physics and Engineering in 18th Century France*, Princeton 1971, spec. pp. 175 ss. L'opera di Coulomb si iscrive nel processo di quantificazione e matematizzazione: come ricorda J. L. Heilbron in *Alle origini della fisica moderna. Il caso dell'elettricità*, tr. it., Bologna 1984, « nel 1750 solo poche parti della fisica erano cadute sotto il giogo della matematica: idrostatica, ottica geometrica, gran parte della meccanica, una porzione minima della pneumatica e della termodinamica. Intorno al 1800 la quantificazione dell'elettrostatica, del magnetismo e della termodinamica era assai avanzata e l'ottica fisica avrebbe goduto presto di una tale promozione » (p. 117), che era quasi promozione « sociale », e certamente di prestigio e di credibilità. Molti autori dell'epoca insistono sulla necessità di estendere la pratica della quantificazione matematica: cfr. ivi, p. 118 e *passim*. Tuttavia questo atteggiamento, come vedremo, troverà anche una opposizione.

Ampère a Roux è esposta magnificamente la conseguenza di freno delle teorie di Coulomb (che si vanno a sommare, come ostacolo epistemologico, all'asserita centralità delle forze, di derivazione direttamente newtoniana):

> « avete ben ragione di stupirvi che non si sia sperimentata, vent'anni fa, l'azione della pila voltaica sul magnete. Ne è la causa l'ipotesi di Coulomb sulla natura dell'azione magnetica. Si credeva a quell'idea come a un dato di fatto; essa scartava assolutamente ogni idea di azione fra l'elettricità e i pretesi fluidi magnetici. La prevenzione a questo riguardo era tale che quando il sig. Arago parlò di questi nuovi fenomeni all'*Institut*, essi furono respinti [...] » [18].

Se l'attività dello stesso Ampère, il maggiore dei francesi che fece i conti con la scoperta e con la forma in cui era stata presentata, può sembrare, per così dire, sociologicamente probabile, a partire dall'inamissibilità nel contesto della scienza francese di quegli specifici elementi caratterizzanti l'interpretazione di Oersted sopra brevemente

[18] *Opere*, pp. 572-573. Lettera del 21 febbraio 1821. Ricordo, al seguito di quanto osservato da Ampère, che, ad esempio, alla fine del Settecento l'Accademia Bavarese delle Scienze aveva bandito un premio sulla questione « c'è una reale e fisica analogia tra la forza elettrica e quella magnetica? » (cfr. B. DIBNER *Oersted and the Discovery of Electromagnetism*, New York 1961, p. 30). Il Dibner non può fare a meno di osservare che « incredibly simple as this relationship seems to be, it remained unobserved during two decades of investigation by many penetrating minds », p. 16: mi pare allora che solo una ipotesi per cui i ricercatori furono ostacolati o impossibilitati, da alcuni loro presupposti, a cogliere la relazione, può aiutare a spiegare questo fatto. E c'era anche un altro, famoso, premio indetto da Napoleone, etc. Naturalmente, lo stesso Oersted non è indenne da questa difficoltà. Per la sua fede « unitarista » di derivazione naturfilosofica egli sembrerebbe esser stato non lontano dalle condizioni di possibilità della scoperta (che in effetti alla fine fu lui a fare). Parrebbe che la centralità delle forze fosse divenuta un « osservazionale »: nella voce *Thermo-Electricity* che Oersted scrisse nel '30 per la *Edinburgh Encyclopedia* (su questo testo molto significativo di autointerpretazione non mi posso soffermare: vedilo in *Naturvidenskabelige...*, cit., II, pp. 351-398; molto importante la pagina di commento di K. MEYER, art. cit., p. LXX), Oersted dice che egli « conjectured, that if it were possible to produce any magnetical effect by electricity, this could not be in the direction of the current, since this had been so often tried in vain, but that it must be produced by a lateral action », p. 357. Cfr. anche J. AGASSI *La filosofia dell'uomo libero*, tr. it., Roma 1978, p. 112 (con qualche cautela), e specialmente il giudizio dello stesso autore in *Epistemologia, metafisica e storia della scienza*, tr. it., Roma 1978: « non fu un caso che [Oersted] per circa vent'anni sia stato pressochè il solo, e completamente solo nella sua perseveranza, a lavorare sul progetto, poichè nessun altro credeva alla sua metafisica [ma] lavorò senza esito per tanto tempo poichè, sulla scia di Newton e di Kant, pensava che la forza che stesse cercando fosse centrale », p. 99. In realtà la prima parte del giudizio è troppo drastica: Oersted non lavorò continuativamente alle sue idee; è vero invece che fu proprio la sua metafisica l'elemento decisivo dell'attenzione che infine produsse la scoperta.

accennati, è tuttavia necessario mettere esplicitamente in luce due punti importanti, per comprendere l'azione teorica di Ampère - e le reazioni del suo ambiente. Gli effetti di ostacolo dell'opzione epistemologica « dualista » coulombiana chiariscono da un lato, almeno in parte, le reazioni piuttosto fredde o negative apparentemente poco congrue che le riteorizzazioni ampèriane incontrarono, da parte di chi come lo stesso Laplace avrebbe dovuto a quanto pare gradirle o incoraggiarle. I rapporti di Ampère e delle sue idee con il gruppo della *société d'Arcueil* erano freddi, secondo la stessa opinione di Arago [19]. Sembra chiaro che l'ortodossia coulombiana tardò ad ammettere l'audace operazione del *parvenu* André-Marie: le ricorrenti opposizioni di Biot al riguardo sono altamente significative [20]. Non è fuori luogo associare questo scetticismo con quello più noto e più scontato che accolse le prime notizie dell'esperimento di Oersted in Francia fino a che Arago, egli stesso incredulo, non ripetè l'esperienza del danese il giorno 11 settembre del '20, dopo che nella seduta del 4 all'*Académie* ne aveva pubblicizzato i risultati, quali si erano verificati in sua presenza a Ginevra nell'estate prseso i De La Rive. Si trattava cioè di una ostilità, di ascendenza ovviamente ancora coulombiana, alla « very idea of electromagnetic interaction », come dice bene Caneva [21]. Dall'altro lato appare in piena

[19] Vedi la biografia di Ampère che lesse all'*Académie* (1839) ora nelle *Oeuvres completes de François Arago*, Parigi 1854-62, II, pp. 1-116, spec. a pp. 34-35.

Ampère era anche nuovo del settore: personalità alquanto instabile, e sentimentale, egli fino al '20 non si era occupato per nulla di elettricità o magnetismo, ma piuttosto di metafisica, chimica, e matematica. La sua reputazione, fino al '20, ebbe forse a soffrire del legame preminente con la *société* degli *idéologues*, coltivato ad Auteil nel vecchio salotto della vedova Helvétius. Ma fu amico stretto anche di Maine de Biran e di Victor Cousin: filosoficamente, era uno spiritualista con velleità di sistemazione metafisico-metodica: parla spesso nelle sue lettere di una certa tavola classificatoria, alla quale lavorò per decenni (cfr. *Opere*, lettera a Maine de Biran, pp. 551-552; lettera a Bonjour e Bredin, pp. 553-554; lettera al figlio, pp. 592-593, etc.). Nell'ultima parte della sua vita potè dedicarsi alla personale elaborazione filosofica, che spesso si rimprovera di avere trascurato per le ricerche di elettrodinamica. Il frutto ne fu un *Essai sur la philosophie des sciences*, Parigi 1834-43 (vedine una scelta in *Opere*, pp. 485-540). Per la sua bizzarra figura è una miniera *Le grand Ampère, d'après des documents inédits* di L. DE LAUNAY, Parigi 1925.

[20] Sul Biot, vedi E. FRANKEL *J. B. Biot and the Mathematization of Experimental Physics in Napoleonic France*, « Historical Studies in the Physical Sciences », 1977 (VIII), pp. 33-72, che chiarisce efficacemente il senso del metodo dell'analisi matematica, ed osserva, tra l'altro, che i momenti delle professioni di fede newtoniane di Ampère sono spesso meramente in seguito a critiche di Biot. Sul rapporto polemico tra Biot ed Ampère vedi, ancora, T. M. BROWN, art. cit., pp. 82 ss.

[21] K. L. CANEVA, art. cit., p. 124. Caneva cita tra l'altro un significativo passo d'una lettera di Dulong a Berzelius: le notizie, a Parigi, dell'esperimento di Oersted, erano state ricevute freddamente. Si pensava che fosse un'altra *réverie* tedesca... (Dulong a Berzelius, 2 ottobre 1820, in *J. Berzelius bref*, VI voll. più III, Uppsala 1912-61; II, p. 18; cit. da K. L. Caneva, ivi).

luce la sottigliezza del procedere di Ampère; la sua soluzione, passata alla storia dell'ingegnosità fisica, di riconoscere nel magnetismo stesso in ultima analisi un prodotto di interazioni di correnti [22] fornisce infatti una magnifica ricomprensione coulombiana in termini di « azione del simile sul simile ». Almeno uno degli ostacoli epistemologici viene così scavalcato, attraverso una riproposizione del tradizionale nucleo coulombiano a un livello più minimale (c'è un altro ostacolo, come si accennava, ed è la stessa asserita impossibilità dell'azione non centrale; ma questa idea sarà superata solo da Faraday): va perso ovviamente il postulato della duplicità, ma si riafferma vigorosamente il nucleo essenziale, che sosteneva l'inesistenza e forse l'inconcepibilità di relazioni tra sfere fisiche diverse.

La storicità della vicenda potrebbe essere accresciuta da una ricognizione della personalità e della cultura di Ampère. L'immagine semplificata di un Ampère « newtoniano » già nella presentazione di pura descrittività matematica della sua teoria, va riproporzionata, a partire, soprattutto, dalla testimonianza della corrispondenza. In questa in particolare egli sembra mettere avanti una prospettiva tutt'altro che « positivistica » [23]. Ampère è si newtoniano, ma non un newtoniano puro (d'altra parte neanche Newton, come ben noto, era un newtoniano « puro ») né tantomeno un laplaciano. Come osserva Caneva, in Ampère sembra esserci una scissione tra determinazione matematica delle interazioni e « physical world view » [24]. Nello stesso quadro rientra l'inte-

[22] Già dell'opera scritta in pochi giorni dopo le due sedute all'Académie del 4 e dell'11 settembre, i *Mémoires sur l'action mutuelle de deux courants electriques, sur celle qui existe entre un aimant ou le globe terrestre, et celle de deux aimants l'un sur l'autre,* come fu intitolata la ristampa, con varianti, di due articoli apparsi negli « Annales de Chimie et de Physique », 1820 (XV), pp. 59-76 e 170-218 (seguirono altre edizioni; cfr. in generale la ricostruzione della storia del testo da parte del Pearce Williams: *What Were Ampère's Earliest...*, cit., pp. 493-494), vedi spec. le pp. 176-180, 186-187, e il punto 4° delle conclusioni, pp. 191-192, nella traduzione quasi integrale compresa nelle *Opere,* pp. 161-193: *Dell'azione esercitata su una corrente elettrica da un'altra corrente, dal globo terrestre e da un magnete.* Inoltre, vedi la famosa lettera al Van Beck, in *Opere,* pp. 194-212, a pp. 194 ss. e 201 ss.

[23] Non esiste ancora una edizione completa delle lettere di Ampère, che restano in parte inedite. Della *Correspondance* curata da L. DE LAUNAY (III voll., Parigi 1936-43), cfr. ad esempio le lettere, rispettivamente del '24 e del '25, in II, p. 658 e 675; e soprattutto quella a Gaspard De La Rive del 5 agosto 1826, p. 686. A parte la lettera al Roux in cui Ampère si lamenta dell'accettazione acritica del modello di Coulomb, osservandone l'effetto di ostacolo, citata precedentemente.

[24] Art. cit., p. 122; osserva ancora che « the idea that this work was coextensive with his « thought » is already a gratuitous assumption », ivi. E insomma senza tenere presente l'« attachment to a world view in which the modifications of an all-pervading ether provided a unifying explanation of chemical activity, heat, light, electricity, and magnetism », non si può rispondere alla domanda su « why was Ampère interested in electromagnetism in the first place », p. 123.

resse duraturo per la psicologia (non insospettabile, dato il legame con gli *idéologues*), non meno che per la filosofia (specialmente Maine de Biran). L'identificazione, da parte soprattutto di Robert Fox, di un cospicuo gruppo di antilaplaciani, la cui impostazione « eteriana » è contrassegnabile da un'attenzione profonda per la realtà fisica e, attraverso l'onnicomprensività del mezzo eterico, anche per l'unitarietà dei fenomeni, fornisce un riferimento storico alla tendenza fondamentale dell'opera di Ampère [25]. In questo senso l'opposizione di Biot a Fresnel, come il sostegno di questi ad Ampère, quando ancora Biot e Laplace gli sono contro, delineano un preciso non meno che articolato schema di rapporti.

Se ricordiamo il nucleo della discordia di Ampère con Biot, che rimontava, attraverso la specificità del concetto ampèriano di *corrente* da distinguere da quello di *tensione*, alla negazione della possibilità di far spiegare all'elettrostatica, come stabilizzata in Coulomb, le proprietà di diverso livello della pila, appare chiaro che già dalla sua prima teorizzazione Ampère è in una posizione non univoca: da un lato il « conflitto » oerstediano viene negato, e al suo posto, attraverso la pratica della « scomposizione », si legge una somma di azioni centrali; ma dall'altro la novità strutturale della « corrente » è vista come la sola adeguata risposta agli enigmi seguiti alla creazione della pila. E per ciò stesso, da un lato Ampère procede nella ricomprensione matematica (e newtoniana) che definisce lo spirito del *Mémoire*, ma dall'altro è preoccupato anche delle questioni fisiche, interrogandosi ampiamente sulle caratteristiche di natura della corrente [26].

Mentre la vicinanza allo schieramento « eteriano » pare anche fornire un utile suggerimento intorno alle ragioni stesse dell'interesse di Ampère per i fenomeni di Oersted [27], promuovendo l'approccio di Am-

[25] Vedi specialmente R. Fox *The Rise and Fall of Laplacian Physics*, « Historical Studies in the Physical Sciences », 1972 (IV), pp. 89-136.

[26] Così il titolo della *Mémoire*, va ridimensionato, data la presenza di ipotesi sulle nature dei fenomeni. Egli *hypotheses fingit*, anche se la legge descrittiva in sè, come ripetutamente osserva, ha validità indipendente dall'ipotesi. E a questo proposito, è difficile sottovalutare la centralità dei suggerimenti di Fresnel nell'elaborazione via via più perfezionata del modello teorico elettromagnetico di Ampère. Il problema del mancato riscaldamento del magnete che si pone quando vi si veda non altro che correnti elettriche variamente combinate, viene risolto con l'affermazione della « microscopicità » (cioè del livello molecolare) delle correnti del magnete - anche se questo non risolve il più serio problema del carattere *ad hoc* dell'introduzione in generale di tali correnti. Sul rapporto Fresnel-Ampère vedi anche L. Pearce Williams *Michael Faraday: a Biography*, London 1965, pp. 145 ss.

[27] K. L. Caneva, art. cit., pp. 128-130, adduce buona evidenza di questa ricettività nel mostrare significative somiglianze tra le due concezioni sulla natura dell'elettricità. E' anche ipotizzabile e probabile una conoscenza diretta di Ampère

père alle tematiche elettromagnetiche, e dunque indirettamente l'accoglimento all'interno di un'importante tradizione scientifica di un bizzarro risultato, la mutazione di gran parte del quadro teorico che intercorre tra i due ha il senso di un rinnovamento dello sguardo gettato sullo stesso campo di fenomeni.

Cos'è la fisica? La Naturphilosophie e i britannici contro l'analisi

In questo cenno sull'attitudine teorica di Ampère, ci interessa comunque richiamare soprattutto un esito significativo tra gli altri. Il « Newton dell'elettricità » perviene ad una spiegazione fisica a partire da elementi per principio inosservabili - microscopici. La teorizzazione ampèriana è segnata nell'essenza da processi di **sostituzione** assolutamente significativi: operata la conversione iniziale del magnete nel circuito, questo a sua volta è moltiplicato e rimpicciolito all'infinito, secondo lo schema newtoniano che permette la concettualizzazione-comprensione della gravitazione; la forza fenomenica è dunque la combinazione di forze elementari. Gli osservabili sono allora necessariamente da interpretare, da chiarire grazie al ricorso al patrimonio teorico - in sé inosservabile - fatto di fluidi, ipotesi, idee accettate, etc. Da una parte si introduce una scissione tra due mondi, che dall'altra parte la matematica, e solo la matematica, permette di collegare, risalendo dall'uno all'altro: essa ha dunque un ruolo centrale. Ora, la tradizione naturfilosofica che trovava espressione nell'opera di Oersted è totalmente estranea a questi procedimenti analitici. Ad esempio in Hegel, come in Goethe, autori con ben poco in comune anche nella specifica teorizzazione scientifica, questa opzione restava patente, argomentata in modo simile ed inconfondibile. Spesso essa in loro diviene opzione antimatematica, semplicemente perché la matematica è il momento più significativo dell'*analisi fisica.* Hegel è convinto, dallo *Habilitationschrift* fino alle opere della maturità [28], che fisica e matematica non abbiano

del noto *Ansicht der chemischen Naturgesetze durch die neueren Entdeckungen gewonnen,* del '12, capolavoro della fase pienamente naturfilosofica oerstediana (in *Naturvidenskabelige...,* cit., II, pp. 35-169), tradotto fin dall'anno dopo in francese (*Recherches sur l'identité des forces chimiques et electriques,* Parigi 1813, che contiene anche *ex novo* un *post scriptum* significativo, che addolcisce e modera le espressioni già moderate della traduzione rispetto all'originale: vedilo in *Naturvidenskabelige...,* pp. 171-177).

[28] Vedi la *Dissertatio de orbis planetarum* (1801) in traduzione italiana, con introduzione (pp. IX-LXV) e note di A. Negri: *Le orbite dei pianeti,* Roma-Bari 1984; la *Filosofia della natura,* tr. it., Napoli 1983 (si tratta della *Naturphilosophie* del '19-'20); infine l'*Enciclopedia delle scienze filosofiche in compendio,* ai §§ 245-376. Un valido testo sull'argomento della matematica in Hegel, attento comunque,

in essenza niente da spartire. Nella *De orbis planetarum*, il rimprovero alla « scienza » di tipo britannico è di ricevere passivamente le nozioni dal fenomeno empirico, afilosoficamente [29] (la « filosofia riflessiva » semplicemente non è - buona - filosofia), ma l'identificazione di realtà e descrizione matematica è l'altra grande questione filosofica e metafisica in gioco. Entrambe vengono focalizzate attraverso la rivendicazione, dotata di peso nazionalistico, dell'antico studente dello *Stift* di Tubinga e conterraneo di Hegel, Keplero [30], rispetto a Newton; ma il nodo autentico del problema sta nella distinzione, insensata per Hegel, tra fatto fisico e cause profonde [31]. Questo atteggiamento a sua volta si coniuga del tutto naturalmente con l'altro tipico rimprovero a Newton, quello sul « barbarismo » della scomposizione della luce, assimilabile al mero matematismo della scomposizione delle quantità vettoriali in gradi « evanescenti », etc. [32]. In effetti, la critica di Goethe a Newton sullo stesso punto si spiega in maniera molto simile: è noto come la metodologia di Goethe sia una sorta di fenomenologia intuitiva, o eidetica: occorre darsi una specifica concretezza, e rifiutare le congetture; aderire (essere *attaccati*) al fenomeno, per cui quello che è semplice all'occhio non può essere davvero composto. Non ci si deve allontanare

in quanto non rivolto al tema specifico del rapporto tra matematica e fisica, a rilevare l'influsso importante e produttivo della cultura matematica del tempo, è A. MORETTO *Hegel e la « matematica dell'infinito »*, Trento 1984.

[29] Cfr. *Enciclopedia* § 245 e soprattutto 246, 250 A; sul rapporto a Kant, 262 A e *Scienza della logica*, tr. it. Moni riv. Cesa, Bari 1968, I, p. 187 (ma anche *Differenz:* cfr. pp. 85-86 della tr. it. in *Primi scritti critici*, a cura di R. Bodei, Milano 1971).

[30] Specialmente in contrapposizione retorica a Newton, Keplero è un'ipostasi tradizionale in Germania dell'atteggiamento antiempiristico ed antibritannico. Al proposito W. Shea dice efficacemente: « what is wrong with astronomy and physics? The short answer is: Newton! for Newton is but the embodiment of British Empiricism », *The Young Hegel's Quest for a Philosophy of Science, or Pitting Kepler against Newton*, in *Scientific Philosophy Today*, edts. J. Agassi e R. S. Cohen, Dordrecht-Boston 1982, pp. 381-397, a pp. 382-383; Keplero, osserva ancora Shea, torreggia su Newton quanto e come Hegel su Locke. Alla « barbarie speculativa » che porta ad analizzare l'inanalizzabile, si contrappone il carattere metafisico e non meramente meccanico delle leggi naturali. In generale il merito di Newton deve essere riassegnato a Keplero perché, nella sostituzione della « matematica » alla « fisica » come la concepisce Hegel, l'inglese con ciò stesso non ha più « spiegato » le ragioni fisiche della fisica stessa. Cfr. anche *Enciclopedia* § 270 A. Per la tradizione dei « padri svevi », cfr. R. SCHNEIDER *Schellings und Hegels schwäbische Geistesahnen*, Bonn 1980.

[31] Cfr. la *Dissertatio*, cit., pp. 5 ss., p. 37 (e, ad esempio, *Fenomenologia dello spirito*, tr. it. De Negri, I, Firenze 1960, pp. 34-35 e 54). Queste critiche, straordinariamente significative nel loro genere, andrebbero citate per esteso. Da esse si può desumere la relativa utilità della matematica per l'astronomia, nella misura in cui vi ha legittimamente a che fare, cioè non per quanto riguarda propriamente l'aspetto « fisico ».

[32] Cfr. ancora *Dissertatio*, cit., pp. 11-12, di grande interesse.

dalla consistenza della natura fino al concetto; piuttosto risalire fino ad un fenomeno « puro », o « archetipico ». E che l'identità del ricercatore naturale non sia significativamente diversa per Goethe da quella del poeta, non vuol dire altro che il modello dell'attività scientifica è l'attività e l'attitudine artistica proprio perché in buona parte ricettiva (e ciò vieta la « scomposizione »)[33].

Ma anche Kant, negli *Anfangsgründe,* non risparmia critiche, destinate ad un profondissimo influsso sulla *Naturphilosophie,* nei confronti delle entità analiticamente rinvenute, esternamente introdotte, del meccanicismo atomistico. L'atomismo è, anzitutto, metafisica dogmatizzante. Precisi suoi caratteri definitori quali « assoluta impenetrabilità », « assoluta omogeneità », « assoluta indistruttibilità », non sono che fantasie: « l'impenetrabilità assoluta non è né più né meno che una *qualitas occulta* », e così via, specialmente nell'*Osservazione generale alla dinamica*[34]. Se anche l'« esplicazione matematica e meccanica » ha su quella « metafisica e dinamica » il vantaggio di costruire facilmente la materia stessa, a causa dell'« elemento interamente omogeneo » da cui parte e della « evidenza matematica » su cui procede,

> « da un altro punto di vista, però, una fisica puramente matematica perde doppiamente questi vantaggi, perché essa è obbligata: prima di tutto a prendere per base un concetto vuoto (quello dell'impenetrabilità assoluta); in secondo luogo, a rinunciare a tutte le forze *proprie* della materia [...] »[35].

Come si vede lo stesso Kant non lesina espressioni di biasimo an-

[33] Per Goethe « nel processo dell'arte, della scienza e della filosofia si possono trovare perciò diversi tentativi di creare e sviluppare una disciplina che noi vorremmo chiamare *Morfologia* », *Scienza e natura,* tr. it., Bari 1952, pp. 126-127. Delle opere scientifiche vedi l'edizione nei *Werke - Hamburger Ausgabe,* XIV voll., Amburgo 1949 ss.; XIII (a cura di D. Kuhn e R. Wankmüller) e XIV (a cura di D. Kuhn). In italiano la traduzione più completa è quella di B. MAFFI: *Scritti scientifici,* in *Opere,* V, Firenze 1962. Naturalmente è qui impossibile una ricostruzione anche solo sommaria delle teorie scientifiche di Goethe (che vanno poi viste assieme a tutto il suo pensiero). Mi limito a ricordare, dalla sterminata letteratura, D. KÄFER *Methodenprobleme und ihre Behandlung in Goethes Schriften zur Naturwissenschaft,* Colonia-Vienna 1982, e la raccolta *Goethe and the Sciences: A Re-Appraisal,* edts. F. Amrine, F. J. Zucker e H. Wheeler, Dordrecht-Boston 1987. In questo contesto il problema dell'ottica e dei colori è tutt'altro che casuale. W. HEITLER ha motivato questo punto in *Casualità e teleologia nelle scienze della natura,* tr. it., Torino 1967, p. 53.

[34] I. KANT, op. cit., p. 59.

[35] Ivi, p. 94. Il carattere del « metodo meccanico » e di quello « dinamico » è esplicitato specialmente a p. 106: l'uno « spiega tutte le differenze delle materie per mezzo della combinazione del pieno assoluto e del vuoto assoluto » (e « ha come materiali della sua deduzione gli *atomi* e il *vuoto* »); il secondo rende conto delle differenze in questione « al contrario per mezzo della sola diversità nella combinazione delle forze originarie della repulsione e dell'attrazione », etc.

che negli specifici riguardi della matematica, che precisano l'ipotesi generale degli *Anfangsgründe* di una collaborazione tra « matematica » e « metafisica ». Questo fenomenismo delle « forze », diffuso come un minimo comun denominatore negli autori della *Naturphilosophie,* contiene utili potenzialità euristiche che semplificano considerevolmente la ricostruzione e la comprensione di una vicenda come quella di Oersted, nel senso che si è in precedenza accennato.

Ma, in particolare, l'opzione antianalitica trova una singolare consonanza con l'atteggiamento degli scienziati britannici. Specialmente Michael Faraday è rappresentativo di questa tendenza. Metaforicamente potremmo dire che Faraday è molto più aperto al « mondo » di Ampère - beninteso, anche la sua conclamata « adesione al reale » è una scelta eminentemente teorica. Lo stesso atteggiamento si può riscontrare nei giovani romantici connazionali di Faraday, in maniera esemplare in Keats. Per l'*enfant prodige* della poesia inglese, l'opera poetica stessa deve riguardare il mondo così come appare, in una « vivissima comunione con il solido mondo della realtà concreta » [36]. Non è semplice individuare un preciso rapporto di trasmissione tra queste idee, quelle dei *naturphilosophen,* e quelle di Faraday, tuttavia, come vedremo, ai fini dell'esito teorico ciò potrebbe anche essere tralasciabile.

Sulle idee di Michael Faraday, e sulle origini di esse, al seguito di un libro giustamente famoso di L. Pearce Williams, e della posizione in qualche modo critica assunta da Joseph Agassi in un altro testo ben noto, si è venuta ad avviare una ampia discussione [37]. Già gli immediati successori del fisico inglese avevano in lui riconosciuto il peso della

[36] M. H. Abrams *Lo specchio e la lampada,* tr. it., Bologna 1976, p. 476; di questo importante classico della storiografia estetico-letteraria, vedi tutta la notevole ricostruzione spec. a pp. 466 ss., che corrobora una focalizzazione sul problema della matematica (sempre in quanto analisi).

[37] Il libro di Pearce Williams è *Michael Faraday: a Biography,* cit.; quello di Agassi *Faraday as a Natural Philosopher,* cit. Williams sostiene che « Faraday worked within [the Boscovichean] framework from his earliest productive years », p. 78. Anche il rapporto con Hare, che si può considerare il momento di svolta, o di presa di coscienza teorica, di Faraday, è interpretato in termini dell'adesione a Boscovich, cfr. pp. 306 ss. Ridimensionante l'influsso boscovichiano è J. Brookes Spencer *Boscovich's Theory and its Relation to Faraday's Researches: an Analytic Approach,* « Archive of History of Exact Sciences », 1967 (IV), pp. 184-202; nello stesso senso, migliore è P. M. Heimann *Faraday's Theories of Matter and Electricity,* « British Journal for the History of Science », 1970-71 (V), pp. 235-257. Esamina questa letteratura M. La Forgia in *Michael Faraday e i suoi biografi,* « Physis », 1978 (XX), pp. 123-146. Per le *Experimental Researches in Electricity* ho adoperato l'edizione dell'*Encyclopedia Britannica,* Chicago-... 1952 (d'ora in poi *Researches*), che comprende oltre alle *Experimental Researches* propriamente dette, alle quali mi riferirò, come d'uso, con l'indicazione della serie e del paragrafo, altri testi, cui mi riferirò con la pagina.

esperienza dinamicista boscovichiana (e in parte leibniziana): tuttavia questo influsso è stato riconsiderato e riproporzionato - nel senso, in particolare, di un rapporto più importante di Faraday con una tradizione autoctona britannica (anche se fraintesa dal Faraday stesso come influenza boscovichiana) [38]. Ad ogni modo, mentre nel dalmata il grande reticolo di forze si configurava pur sempre matematicamente, ed anzi era motivo di una matematizzazione [39], in Faraday questa visione fondamentale della natura prende una torsione orgogliosamente ed aggressivamente antimatematica: precisamente nella misura in cui alla matematica (d'altronde sostanzialmente ignota al Faraday) vengono rimproverate alcune tipiche movenze. L'assunzione di un radicale fenomenismo spiega anzitutto perché sono sempre le forze, come tali, ad essere esperite; sono gli atomi, come elementi rinvenuti attraverso una astratta ricostruzione teorico-mentale, ad essere ipotetici. Come si accennava, esiste un'origine specificamente britannica per queste idee: nel Settecento un maggioritario numero di *philosophers* aveva constatato nell'impostazione di Newton una doppia inadeguatezza al reale: tanto la teoria non parla delle cose presenti nel mondo, quanto nel mondo nulla di per sè, non sorretto da una artificiosa matematica, è riscontrabile degli enti teorici newtoniani. Un nucleo di concetti che, al contrario, contornasse il profilo dell'apparire dei fenomeni, si rapprendeva intorno alla « forza », percepita e pensata non come un nesso meramente introdotto per le necessità della costruzione, ma come un vero e genuino agente dei fenomeni [40].

In questo senso si spiega l'opposizione di Faraday alla lettura ampèriana dell'esperimento di Oersted, e alle successive teorizzazioni dello stesso Ampère e degli altri francesi. Tra il Faraday influenzato dagli

[38] Per l'interpretazione dei contemporanei, cfr. P. M. HEIMANN, art. cit., p. 234, n. 2. In effetti Heimann sostiene che l'atteggiamento di Faraday « is much more characteristic of a native British tradition in natural philosophy », p. 236; cfr. anche pp. 247 ss., con un significativo elenco di autori tra Settecento ed Ottocento. Ma le idee di Boscovich erano tutt'altro che ignote in Gran Bretagna: cfr. p. 236, n. 11.

[39] Per Boscovich mi riferisco, naturalmente, alla *Theoria philosophiae naturalis redacta ad unicam legem virium in natura existentium* (Vienna 1758 e 1763), così significativa fin dal titolo. Su di lui, vedi complessivamente *R. J. Boscovich S. J., 1711-1787*, edt. L. L. White, Londra 1961.

[40] Queste radici storiche sono studiate in un articolo fondamentale da P. M. HEIMANN - J. E. MCGUIRE: *Newtonian Forces and Lockean Powers: Concepts of Matter in Eighteenth Century Thought*, « Historical Studies in the Physical Sciences », 1971 (III), pp. 233-306. In questo stesso senso, un quadro eccellente della situazione della scienza inglese del XVIII° secolo è R. E. SCHOFIELD *Mechanism and Materialism. British Natural Philosophy in An Age of Reason*, Princeton 1970. Per una ricostruzione della personalità innanzitutto teologica di Priestley, vedi J. G. MCEVOY - J. E. MCGUIRE *God and Nature. Priestley's Way of Rational Dissent*, « Historical Studies in the Physical Sciences », 1975 (VI), pp. 325-404.

esperimenti oerstediani nel '21, e dall'altra parte la posizione di Ampère (ma anche tra il Faraday che nel '31 scopre l'induzione a partire dal fenomeno osservato da Arago, sempre a seguito dell'originario esperimento di Oersted, della deviazione dell'ago magnetico in prossimità di un disco di rame in rotazione, e dall'altra parte lo stesso Arago: cosicché è riconoscibile una doppia continuità concettuale), esiste una inconciliabilità di fondo [41]. Nell'articolo dell'ottobre '21, l'argomento che determina decisivamente l'opposizione faradiana consiste nella irrimediabile complicazione che comporta la lettura ampèriana innanzi la manifestazione evidente del fenomeno. Ciò che è « primitivo » per l'uno, è « composto » per l'altro: salta agli occhi letteralmente a Faraday che primitivo è il moto circolare: pertanto sarà composta a partire da esso la pretesa azione diretta di Ampère. Dove questi legge nell'apparenza curvilinea (e conflittuale) oerstediana un integrale di azioni rettilinee tra correnti molecolari [42], Faraday « vede » la curvatura spaziale agente come *prius*, che va anche ulteriormente salvaguardato, anche dunque nei nuovi risultati ottenuti da Ampère. Così infatti Faraday osserva nel passo centrale dell'articolo, sulla scorta della descrizione dei suoi esperimenti:

> « M. Ampére has shown that two similar connecting wires, by which is meant, having currents in the same direction through them, attract each other, and that two wires having currents in opposite directions through them, repel each other, the attraction and repulsion taking place in right lines between them. From the

[41] L'opera in questione di Ampère è *Dell'azione esercitata su una corrente elettrica...*, cit.; quella di Faraday è *On Some New Electro-Magnetical Motions, and on the Theory of Magnetism*, «Quarterly Journal of Science », 1821 (XII); ristampato in *Researches*, pp. 795-807. Questo articolo fu tradotto nello stesso anno negli « Annales », con *Notes* molto interessanti, come si vedrà, appostevi (probabilmente) da Ampère e da Savary. Per l'analisi della controversia rimando anche all'articolo e all'antologia del La Forgia già citati; solo relativamente utile K. R. e D. L. GARDINER *André-Marie Ampère and his English Acquaintances*, « British Journal for the History of Science », 1965-66 (II), pp. 235-246; sul rapporto di Faraday con Arago, vedi P. TUCCI *La controversia Arago-Faraday sull'induzione elettromagnetica*, in *Scienza e filosofia*, a cura di C. Mangione, Milano 1985, pp. 796-808, che osserva tra l'altro come anche per Biot l'esperimento di Arago falsificasse la teoria di Ampère, ma per verificare la *pura* tesi coulombiana, da lui riproposta, dei due fluidi magnetici in equilibrio. In generale M. CROSLAND - C. SMITH *The Transmission of Physics from France to Britain*, « Historical Studies in the Physical Sciences », 1978 (IX), pp. 1-61.

[42] Per la posizione di Ampère, cfr. *Dell'azione esercitata su una corrente elettrica da un altra corrente...*, cit., specialmente p. 188 e le conclusioni a pp. 191-193; e le lettere al Van Beck e al Bredin, rispettivamente dell'ottobre e del novembre '21, una accademica l'altra familiare, rivolta al suo migliore amico (in *Opere*, pp. 194-204 e 574-575; in quest'ultima Ampère dice: « questa *Memoria* [di Faraday] descrive dei fatti singolarissimi, che confermano pienamente la mia teoria, quantunque l'autore cerchi di combatterla per sostituirle una delle sue invenzioni »: p. 575).

attraction of the north pole of a needle on one side of the wire, and of south on the other, and the repulsion of the poles on the opposite sides, Dr. Wollaston called this magnetism *vertiginous*, and conceived that the phenomena might be explained upon the supposition of an electro-magnetic current passing round the axis of the conjunctive wire, its direction depending upon that of the electric current, and exhibiting north and south powers on the opposite sides. It is, indeed, an ascertained fact, that the connecting wire has different powers at its opposite sides; or rather, each power continues all round the wire, the direction being the same, and hence it is evident that the attraction and repulsions of M. Ampére's wires are not simple, but complicated results » [43].

In seguito, il dissidio si chiarirà reciprocamente, specialmente attraverso le lettere dell'uno all'altro. Detto brevemente, per Faraday la teoria di Ampère è arbitraria, o ipotetica, troppo carica di assunzioni teoriche e di ritraduzioni del fenomeno in qualcosa di concretamente inesperibile. Per Ampère, la teoria di Faraday è, ovviamente, non matematizzabile, perché carente della determinazione del rapporto tra punti del filo e punti del magnete, e, inoltre, benché spieghi egualmente bene i fenomeni rispetto alla sua, è intollerabilmente nuova. Essa introduce una difformità rispetto alle leggi finora riscontrate della natura: è dunque inammissibile in quanto tale [44].

Lo *standard* metodologico di accettabilità è, come si vede, impa-

[43] *On Some New Electro-Magnetical...*, cit., pp. 798-799. Vedi anche *passim*.

[44] Vedi di Faraday soprattutto le lettere del 2 febbraio e del 3 settembre '22, in *The Selected Correspondance of Michael Faraday*, a cura di L. Pearce Williams, London-Cambridge 1971, I, pp. 130-132 e 133-135, nelle quali Faraday ribadisce il suo scetticismo nei confronti delle « teorie », non meno che l'insufficienza della sua preparazione matematica che gli impedisce di penetrare dall'interno quelle che sulla matematica stessa fanno affidamento, e l'incapacità di comprendere in pieno le modalità di produzione dell'elettricità nella concezione ampèriana; per Ampère, vedi specialmente le *Notes* di cui sopra (« Annales de chimie et de physique », 1821 (XVIII), pp. 371-373), nelle quali, notato che la rotazione primitiva di Faraday non è suscettibile di trattazione matematica, osserva che, essendo propriamente semplice solo l'interazione tra due insiemi infiniti di punti geometrici, codesti *faits simples* possono essere raggiunti solo attraverso il calcolo: Ampère nota che anche la sua teoria opera ancora con elementi complicati, da questo punto di vista: su ciò si trova d'accordo con Faraday, ma le ragioni sono profondamente diverse, in quanto, ancora Ampère osserva, per Faraday il fatto semplice è l'azione che produce la rotazione. Infine, nota Ampère che la preferenza in favore della sua teoria si motiva in ultima analisi per il suo accordarsi formale con le altre più accreditate. Mise avanti una simile argomentazione anche in una lettera rivolta a Faraday, del luglio '22 (*Opere*, pp. 219-226): « quand'anche le due supposizioni spiegassero ugualmente bene i fenomeni, la mia sarebbe preferibile in quanto si accorda con la teoria di Volta sullo strumento che porta il suo nome, teoria che mostra come le due elettricità debbano portarsi in sensi opposti lungo il conduttore, da un'estremità della pila all'altra, mentre secondo quanto sappiamo sulla natura della pila nulla indica come i fluidi elettrici potrebbero ruotare intorno al conduttore, né perché essi ruoterebbero intorno a questo conduttore in un senso piuttosto che nel senso contrario », pp. 220-221.

ragonabile. Il criterio della connessione interna della teoria - ottenuta grazie a raffinate procedure analitiche - non è per Faraday accettabile. Da subito, l'adesione alle teorie gli è regolata invece dalla misura in cui meglio si eviti la dicotomia tra i fatti (fenomenicamente definiti) e la verità fisica: elementi questi tra cui una frattura non può esistere. Attraverso la concezione dinamicista - attraverso la convertibilità, la trasformazione reciproca, tendenzialmente interminabile e simmetrica e reversibile delle forze elettrica e magnetica, ma anche l'identità di affinità chimica ed elettricità, sulla scorta del maestro Davy - Faraday trova il perno teorico sul quale porsi per assorbire dall'interno i risultati dello stesso Ampère: nel '31, già nelle prime *Experimental Researches*, l'accettazione della scoperta di Ampère dell'equivalenza dei fenomeni elettrici e magnetici, è guidata - fino a rintracciare un'identità pressoché perfetta - da una diversa immagine dell'elettricità, a partire metodologicamente dalla sua fenomenologia e non dalla sua costruzione [45].

A questo punto, appare chiaro che tra Faraday e Oersted le affinità non sono né di poco conto né estrinseche, sibbene, al contrario, metodologicamente e « metafisicamente » fondate [46]. Si può ancora osservare, che la vicenda della recezione e progressiva elaborazione da parte di Faraday è un momento della sua opposizione alle « teorie » astratte prive di concreti e raffigurabili correlati, ma lo è assieme della sua opposizione all'azione a distanza di matrice newtoniana: attraverso il rifiuto di questa Faraday venne in seguito a fondare, come si accennava, la fisica dei campi nella sua specificità. Essa si caratterizza anzitutto per la descrizione fenomenologica del comportamento della materia e dello spazio in presenza del « potere » elettrico. Si rifiuta lo spazio passivo, limitato al suo accogliere gli oggetti, puramente concettuale. Per ciò stesso le « linee » verranno ad essere le « forze », cioè non enti geometrici immaginari (introdotti in funzione della teoria), bensì enti geometrici fisici, elemento d'esperienza. Ciò che accade nello spazio si identifica nelle linee, ben più che essere solamente icasticamente raffigurato da esse [47]. E' la dissociazione elettrolitica, che avviene per linee curve

[45] Cfr. *Researches, First Series*. Icasticamente E. BELLONE, op. cit.: « Faraday, insomma, accettava Ampère sul terreno di Oersted. Lo spazio esterno ai conduttori e ai corpi magnetizzati diventava la sede di eventi fisici che ben poco avevano a che fare con quelle azioni a linee rette di cui si parlava nella concezione newtoniana del mondo fisico », p. 108.

[46] Questo stretto rapporto Oersted-Faraday è ribadito anche da F. MOISO, art. cit., pp. 98-99 e 117.

[47] Cfr. ancora il giudizio di BELLONE, op. cit.: « la credibilità del progetto di Faraday dipendeva in modo stretto dal giudizio che si doveva dare a proposito delle linee di forza. Si trattava di semplici rappresentazioni geometriche, oppure si doveva attribuire loro un significato fisico? », p. 120. Mi pare che abbia colto esemplarmente il nucleo essenziale PEARCE WILLIAMS in *Michael Faraday...*, cit.,

oltre che per congiungenti, diffusa per tutto il liquido della vasca ove sono immersi gli elementi, a fornire il paradigma dello spazio faradiano. La (approssimativa) formazione chimica giovanile del figlio del fabbro sembra influire ancora in questo sforzo, per così dire, di estendere i principi elettrolitici. L'intuizione del cosmo della fisica newtoniana si qualifica attraverso l'antagonismo simmetrico di « pieno » e di « vuoto », i corpi isolati e discreti sono collegati da segmenti di forze calcolabili che solcano il nulla; per Faraday questa dicotomia è impensabile; la sostituisce un graduarsi progressivo del « pieno » delle forze, che unifica concettualmente lo spazio.

Certo è prematuro attribuire intorno agli anni '20 alla visione del mondo fisico propria a Faraday questo grado di maturità. E' importante anche ricordare l'altro nucleo, con le « linee di forza », del primo percorso teorico di Faraday: la « polarizzazione molecolare » che dipendeva dalla teoria dello stato elettrotonico. Tuttavia il gravissimo problema, presente in un concetto alquanto elementare come quello di « stato elettrotonico », della contiguità (in che senso, o a che livello, si può parlare di contiguità? Che cosa vorrà dunque dire « azione a distanza »?, o meglio, come si potrà del tutto evitare di cadere nell'azione a distanza?) delle particelle che entrano nel processo di induzione spiega, attraverso tappe successive, l'approdo deciso alle «linee di forza» [48]

quando afferma che « posizioni apparentemente derivate dalle più fantasiose argomentazioni filosofiche, potevano essere sostenute in quanto più rispettose dell'esperienza quotidiana » delle teorizzazioni astratte, matematiche, etc. (p. 69).

[48] Per lo « stato elettrotonico », cfr. *Researches, First Series*, § 3: *New Electrical state or Condition of Matter*, spec. par. 60 ss. Sul problema del « contiguo » cfr. P. M. HEIMANN, art. cit., pp. 241 ss. La risposta (dopo qualche tempo) alle osservazioni di Hare fu la lettera a Richard Taylor che divenne *A Speculation Touching Electric Conduction and the Nature of Matter* (1844), in *Researches*, pp. 850-855, che è certamente uno dei testi più sinteticamente significativi del pensiero scientifico di Faraday. E' qui che la prospettiva di Boscovich sull'atomismo è decisamente preferita alla « more usual notion », proprio perché gli atomi di Boscovich sono « mere centres of forces or powers, not particles of matter », e, d'altra parte, « to my mind the *a* or nucleus vanishes, and the substance consists of the powers or *m*; and indeed what notion can we form of the nucleus independent of its powers? all our perception and knowledge of the atom, and even our fancy, is limited to ideas of its powers [...] but it is certainly more difficult, and indeed impossible, to think or to imagine that matter independent of the powers [...] why then assume the existence of that of which we are ignorant, which we cannot conceive, and for which were is no philosophical necessity? », etc., pp. 853-854. Cfr. anche l'interessante manoscritto studiato da T. H. LEVERE in *Faraday. Matter and Natural Theology: Reflections on an Unpublished Manuscript*, « British Journal for the History of Science », (IV) 1968-69, pp. 95-107. La tappa fondamentale di questo percorso è *On the Physical Lines of Magnetic Force* (1852), *Researches*. pp. 816-819. Cfr. L. PEARCE WILLIAMS, *Michael Faraday...*, cit., p. 381 e *passim*. Ma la radice di questi esiti è nell'intervento di Hare e nella *Speculation* susseguente: cfr. P. M. HEIMANN, art. cit., pp. 256-257. Per altre definizioni delle linee di forza, cfr. *Researches, Twenty-Eighth Series*, par. 3070 ss., da mettere a confronto con quanto Faraday dice, ad esempio, in *Eleventh Series*, par. 1304.

Vorrei ora ribadire che non è semplice distinguere analiticamente quanto nelle concezioni come nelle pratiche degli scienziati inglesi viene dall'eredità locale (con tuti gli orgogliosi caratteri canonici dello spirito inglese, « concretezza », « buon senso », etc.), da quanto, variamente mediato, proveniva dal romanticismo. Questo è come noto uno dei problemi aperti alla ricerca storiografica al proposito: discriminare l'**assunto tradizionalmente,** come elemento di una identità anglosassone sempre ben specifica anche nei modi della ricerca scientifica, dal **rivendicato eterodossamente,** come elemento di una identità modellata piuttosto, al contrario, su parametri che sfuggano romanticamente alla dittatura del « filisteismo ». Questa ultima spinta in qualche modo trasgressiva e individualista era stata icasticamente elucidata, all'epoca, dallo stesso John Stuart Mill. Nei due significativi saggi si Bentham (1838) e Coleridge (1840), presi come figure pressoché archetipiche delle due prospettive, il figlio di John Mill, da bambino educato utilitaristicamente alla ragione secondo i precetti del padre e di Bentham, coglieva l'opposizione della grande poesia inglese del tempo, paradigmaticamente raffigurata da Coleridge, a questa cultura dalla quale egli proveniva. Ma il trauma che, a quanto racconta, gli era stato procurato dalla pedagogia rigidamente « associazionista » paterna, era stato superato solo, intorno ai suoi vent'anni, da un rivivificatore contatto con la poesia: ciò lo porta ad intendere quest'opposizione intellettuale in termini paritetici e dialettici, egualmente necessari e, per così dire, spiegati l'uno con l'altro. Certo nel testo milliano una preferenza per Bentham è tuttavia avvertibile [49].

Comunque si interpretino queste conciliazioni, e comunque si discrimini tra l'origine dei fattori coinvolti nella costruzione delle immagini della scienza proprie dei ricercatori inglesi, è certa la presenza - in Faraday, come in Davy - di una « metafisica », ancora avvertibile in Maxwell, e di alcune importanti attitudini da essa derivate, l'una e le altre non imparagonabili a quelle, ad esempio, di Oersted. Come Oersted

[49] I due saggi di MILL sono stati ristampati in unico volume come *Mill on Bentham and Coleridge,* a cura di F. R. Leavis, Londra 1967. Sull'argomento si può utilmente vedere M. H. ABRAMS, op. cit., specialmente pp. 498-503. Mill, dunque, viene a precorrere l'« umanesimo » *sui generis* d'un Matthew Arnold (o di un Leslie Stephen: certo da non confondere con l'estremismo antindustriale ben più virulento e assieme geniale di Ruskin o Pater), « nei suoi canoni principali: opposizione all'insularità e alla compiacenza inglese; raccomandazione di quanto di meglio è stato scritto e pensato in ogni tempo; accusa dell'influsso degradante di una società industriale e commerciale; e insistenza sui valori individuali contro le pressioni sempre più forti verso il conformismo di massa », p. 518. Non mi posso qui attardare su queste tendenze.

aveva, come abbiamo cercato di suggerire, rinvenuto nella *Naturphilosophie* non solamente l'ispirazione della sua opera, ma anche una modalità teorico-sperimentale, Faraday e in genere i fisici britannici nella tradizione autoctona rinvengono elementi di netto sospetto nei confronti della matematica, e più in generale nei confronti di ciò che, in effetti muovendo di solito dalla matematica, si allontana dal fattuale e dal visibile, lo scompone, lo interpreta. Non è possibile capire questa realtà semplicemente richiamandosi ad una misconoscenza, od ignoranza, dei metodi analitici così potenti e fruttuosi della scienza francese: a sua volta questa insufficiente assimilazione di strumenti ha le sue cause - che sono presenti anche nelle speciali caratteristiche che prese l'assimilazione una volta inevitabilmente compiutasi.

Un libro recente di Richard Olson ha ricostruito convincentemente una parte importante di questa tradizione di pensiero nazionale che precorre e giustifica « l'interesse di questi scienziati [dell'Ottocento britannico] per le ipotesi e per le analogie; l'importanza da loro attribuita alla matematica geometrica [...] la loro tendenza a condividere l'atomismo puntuale di Boscovich [...] » [50]. Vorrei ora schizzare una tipologia abbreviata dei nuclei concettuali della tradizione in questione. « Matematica geometrica », è come dire l'unico modo di avere una matematica concreta: se Faraday riteneva tutto sommato che fosse una fortuna per lui non sapere di matematica, perché essa avrebbe costituito un velo nei suoi rapporti col reale, avrebbe oscurato la realtà del mondo, i suoi successori imposteranno, del tutto conseguentemente, una linea di matematica « visibile e raffigurabile ». Un'ascendenza baconiana ha probabilmente peso in generale in questa diffidenza. Il punto teorico fondamentale sta nell'opinione che la matematica si occupi di cose facili, cioè prodotte dall'uomo, artificiali, e non esistenti nel concreto; che pertanto in alcun modo possa aiutarci quando facciamo i conti con esso, nelle scienze naturali non meno che nelle attività dello spirito. Per un James Beattie o più tardi un William Hamilton, la matematica non ha nulla a che fare col sensibile; lo Hamilton (che è d'altra parte un autore che rappresenta perfettamente la mistione di empirismo e di filosofia tedesca) nega la possibilità dell'applicazione di essa non solamente alla morale - in polemica con l'utilitarismo - ma precisamente alla scienza. Il procedimento matematico non esiste che come artificio, il suo riferirsi strumentale a meri rapporti gli nega ogni consistenza fisica [51]. Per una simile concezione nella

[50] R. Olson *Filosofia scozzese e fisica inglese 1750-1880*, tr. it., Bologna 1983, p. 14.

[51] Vedi ivi, pp. 70-76 soprattutto. Per lo Hamilton, così, « la matematica non prende in considerazione le cose, ma discute soltanto di alcune *immagini;* e tutta

categoria del matematico la complessità del reale passa disavvertita. La grande paura è intorno al carattere meccanico e automatico, che questi autori rinvenivano nella pura simbolicità dell'algebra, nel suo manipolare asemantico, senza denotazioni sostanziali - che portava infine all'allontanamento della verità del concreto [52]. Si può anche osservare che le verità matematiche sembrano avere carattere necessario; invece, senza dubbio ogni legge fisica è contingente.

Il procedimento di derivazione corretta delle leggi fisiche avrà dunque carattere totalmente distinto e quasi contrapposto a quello delle matematiche. Sono usate diverse logiche di ragionamento [53]; generalizzazioni immediate, intuitive, totalmente connesse al fatto dell'esperienza, precedono finali semplificazioni e formalizzazioni. Senza quel primo stadio, la teoria fisica non possiede concretezza e veridicità: al contrario, il procedere astratto ha i caratteri del « gioco », ove precisamente i principi iniziali (gli assiomi o le regole) hanno il carattere della massima semplicità. Proprio perciò nella tradizione francese l'algebra era preferibile: la semplicità garantisce la chiarezza e la distinzione. Ma chiarezza e distinzione sono anche l'ideale britannico. Non da altro si motiva il rifiuto dei passaggi automatici (privi, si potrebbe dire, della percezione di ciò che avviene nel corpo dell'equazione), propri alla pura matematica e alla fisica matematica: uno stesso obbiettivo viene dunque concepito diversamente, e perseguito per strade opposte.

la sua scienza si trova nella separazione, nella congiunzione e nel confronto tra queste immagini. La filosofia [cioè anche la scienza], dall'altra parte, si occupa invece per lo più di cose reali: essa è la scienza dell'esistenza reale, e non puramente e semplicemente d'una esistenza frutto di immaginazione », cit. a p. 71.

[52] Una esemplare esposizione di questo atteggiamento è quanto John Robison scrisse nella voce su Robert Simson nell'*Encyclopaedia Britannica*, intorno a come questi preferisse al « metodo cartesiano, che sostituiva con dei simboli le operazioni della mente [e] gli oggetti veri e propri delle discussioni, linee, superfici, solidi e le loro proprietà », la « geometria pura ». « Arrivò [Simson] infine a considerare l'analisi algebrica non molto più di un *espediente meccanico*, nell'uso del quale andiamo avanti senza idee di sorta e otteniamo un risultato privo di significato e senza nessuna consapevolezza dei processi di ragionamento », cit. in R. Olson, op. cit., p. 28. Corsivo di Robison.

[53] Questa differenza era messa concisamente in luce da Rankine negli *Outlines of the Science of Energetics*, il suo più noto lavoro, del 1855 (edito negli *Miscellaneous Scientific Papers*, Londra 1881, pp. 209-228: vedi specialmente pp. 209 ss.), venendo a giustificare la sua termodinamica. Come Maxwell, Rankine era allievo all'università di Edimburgo di James Forbes: per l'importanza della pratica dell'analogia e della delimitazione del ruolo della matematica nell'opera fondamentale di Forbes sui ghiacciai, vedi R. Olson, op. cit., pp. 226-236. Non appena un empirista come Forbes pensa metodologicamente finisce - richiamato Bacone - per delimitare l'utilità e il ruolo della matematica. Come è possibile applicare la matematica alla viscosa e fluida natura dei ghiacciai? Una teoria analitica del genere (proposta da William Hopkins) per le sue stesse esigenze si riferisce « ad un corpo che possiede proprietà o sia sottoposto a condizioni » letteralmente impossibili per un ghiacciaio: ivi, p. 233.

A causa di queste idee il ruolo dell'analogia risulta decisivo, nelle teorie fisiche britanniche, fino almeno a fine Ottocento. Esso sembra basato sul suo effetto di condensazione e soprattutto di illuminante spostamento. Si tratta proprio di parlare dell'ignoto in termini del noto (di sondare l'uno attraverso l'altro). Quando le cose in esame hanno in comune una certa struttura induttivisticamente riconosciuta, e certe regole di funzionamento, scommettendo su una comunanza segreta - instaurando una analogia -, si adopera una per « conoscere » l'altra. Ma fondamentale nell'analogia è la sua dimensione di fedeltà all'esperienza, che è ciò che la fa preferire ai concetti analitici. L'analogia è solamente una scorciatoia che può essere tentata, sempre in bilico tra l'intuizione rivelatrice e l'arbitrio semplificante (come avviene sempre nei procedimenti di matrice induttiva). L'astrarre completo è legittimo solo nella matematica: ma proprio ciò può, in certi momenti e situazioni culturali ed epistemologiche, significare l'inutilità di questa quando si ha a che fare con il concreto: la fisica si riferisce a ciò che esiste nella realtà.

Maxwell, genio delle analogie, che le adopera come una potente leva conoscitiva, si muove con modalità tipiche nel suo contemporare la concezione britannica e la continentale [54]: matematizza ciò che, in Faraday, non era matematizzato, ma in forme specifiche, attraverso le configurazioni vettoriali di Hamilton, e tenendo fermi gli specifici valori prospettici di Faraday (William Thomson, come noto, fornisce un primo esempio di questo procedere, attraverso l'appropriazione del lavoro tanto di Fourier da una parte, quanto soprattutto di Stokes e Green [55]). Per Maxwell, la fisica del campo è relazionalità: ma la relazio-

[54] Una esposizione molto chiara di questa medietà maxwelliana è *On Faraday's Lines of Force* (1855-56), in *The Scientific Papers of J. C. Maxwell*, edt. W. D. Niven, New York 1965, I, pp. 155-229, che contiene anche la definizione di « analogie fisiche » (« la parziale somiglianza fra le leggi di una scienza e quella di un'altra, che fa sì che l'una si illustri con l'altra », p. 156), un'esempio pratico di esse (tra leggi del calore e leggi dell'attrazione, p. 157) e l'indicazione della « somiglianza matematica » come cardine strutturale che « può ancora essere utile per stimolare idee matematiche appropriate » (ivi). Su Maxwell la bibliografia è vastissima. Non posso che sommariamente indicare, tra gli articoli più significativi, P. M. HEIMANN *Maxwell and the Modes of Consistent Representation*, « Archive for the History of Exact Sciences », 1970 (VI), pp. 171-213; J. L. TURNER *Maxwell on the Method of Physical Analogy*, « British Journal for the History of Science », 1955-56 (VI), pp. 238-245; S. D'AGOSTINO *I vortici dell'etere e la teoria del campo elettromagnetico di Maxwell*, « Physis », 1968 (X), pp. 189-202, che mette bene in luce la centralità della funzione del « modello » anche con connotazioni « sostantive » e non solo « formali »; e infine M. LA FORGIA - C. TARSITANI *Analogia, modelli e teoria dinamica nel contributo di Maxwell all'elettromagnetismo*, « Physis », 1981 (XXIII), pp. 525-554. Infine in generale sul metodo analogico R. KARGON *Model and Analogy in Victorian Science*, « Journal of History of Ideas », 1969 (XXX), pp. 423-436.

[55] Su Thomson può essere visto J. Z. BUCHWALD *William Thomson and the*

nalità si gioca all'interno dell'interezza. L'unitarietà della percezione determina il suo carattere non atomico. Dunque per pensare, al contrario, in termini di particelle « è necessario un certo processo di astrazione »: la « particella » muove, per astrazione, dall'intero. L'astrazione è certo indispensabile in matematica: ma per Maxwell il « ragionamento fisico », « è cosa diversa dal calcolo » [56]. Quando aveva dovuto individuare i difetti di una « formula puramente matematica », aveva osservato, tipicamente, che lì « noi perdiamo completamente di vista i fenomeni da spiegare » [57]. La matematica, per usare l'espressione famosa, deve essere *embodied,* già presente nel corpo stesso della geometria delle cose. Una realtà matematica deve per così dire farsi presente a partire dall'immediatezza delle cose stesse, o non essere. Ogni « introduzione esplicita », cioè esteriore, è pertanto sconsigliabile. Siamo quindi in ultima analisi ancora in presenza, nella « teoria dinamica » di Maxwell, della volontà di non separarsi dall'esperienza, pur relativamente trascendendola teoricamente. Il cruccio di Maxwell di sapere cosa accade, **nel** campo, o **nell**'equazione (cioè cosa **sono** il campo o l'equaziont); l'insistere sui vortici, avvitati e abbracciati l'uno sull'altro intorno al filo percorso da corrente, mentre introducono importantissimi e innovativi concetti grazie ad un nuovo linguaggio, fatto di metafore, si spiegano solo con quella scelta di base.

Si può dunque constatare un'affinità di sostanza ad alcune premesse teoriche e metodologiche della *Naturphilosophie;* importa relativamente, ai nostri fini, discernere tra matrice empirista e matrice romantica - una distinzione d'altronde impossibile da ricostruire nello spazio di un articolo. La matrice romantica agì certamente su Faraday - meno probabilmente su Maxwell, se non attraverso William Hamilton (ma è poi arduo sceverare o differenziare a sua volta in questi tra kantismo, certo assai efficace, e « *common sense* »). Ma nell'attenzione di entrambe le culture al singolare-concreto va riconosciuta la genesi inevitabile di frequenti propensioni e teorizzazioni in comune.

Infine, va osservato che la natura letta nella logica del campo, di matrice innanzitutto britannica, si connette alla *Naturphilosophie* anche perché non più l'esistenza stabilita degli oggetti è in primo piano, bensì i rapporti che vi intercorrono (già l'elettro-magnetismo è appunto una

Mathematization of Faraday's Electrostatics, « Historical Studies in the Physical Sciences », 1977 (VIII), pp. 101-136. In questo stesso quadro, M. CROSLAND - C. SMITH, art. cit., pp. 22 ss. è uno dei testi che più chiaramente mette in luce che fu la fisica nonlaplaciana di Fresnel e Fourier a trovare maggiore riscontro in Gran Bretagna.

[56] J. C. MAXWELL *Trattato di elettricità e magnetismo* (prima edizione 1873), tr. it., Torino 1973, pp. 255 e 151.

[57] E' ancora nel famoso passo « conciliativo » de *On Faraday's Lines of Force,* in *The Scientific Papers...,* cit., p. 155.

interazione), come l'unitarismo dinamicista basato su forze e strutture della *Naturphilosophie* aveva precorso fin dalle origini leibniziane (e infatti, in questo senso la « protostoria » della fisica del campo cui accennavo all'inizio di questo studio vien fatta rimontare spesso anche fino a Leibniz). All'altro capo c'è la connessione con la fisica del Novecento; senza soluzione di continuità il *fil rouge* si svolge fino ad Einstein. Quanto a cosa si modifichi e vada perduto in questa evoluzione, mi sembra che la modernità si compia quando, rispetto all'ispirazione naturfilosofica, svanisce l'identità profonda delle forze e ne resta semplicemente la somiglianza e l'associabilità a scopo euristico: cioè si afferma l'autentica complessità fonomenica dei rapporti desostanzializzati, e la somiglianza ne è il mero, necessario padroneggiamento [58]. Ma in *Are there Real Analogies in Nature?* (conferenza « disimpegnata » e « qualitativa », ma che segue di pochissimo la lettura di *On Faraday's Lines of Force* alla Cambridge Philosophical Society), Maxwell alla domanda del titolo risponde ancora, in fin dei conti, affermativamente [59].

Conclusioni

Per fissare ora le conclusioni, può forse parere corroborato lo spirito antidogmatico che sostiene e giustifica le tesi « anarchiche », o almeno « proliferazioniste », di molta filosofia della scienza contemporanea. Anche nella scienza l'eterodossia o, comunque, la variegatezza delle prospettive è, non solamente un *prius* etico da salvaguardare, ma (proprio in quanto eterodossia e pluralismo) un'esigenza della scienza stessa. Mentre si sviluppava l'assorbimento nella prassi scientifica accreditata della visione « conflittuale » di Oersted, in Germania Wilhelm Weber era andato rifacendosi a Newton e a Coulomb [60]. Ma la « normalizzazione » della facoltà scientifiche tedesche, che conduce al trionfo del positivismo in esse, vince proprio mentre la normalità non è più quella su cui si modella; ovvero è ancora quella, ma circondata da tante

[58] Cfr. in questo stesso senso M. La Forgia - C. Tarsitani, art. cit., p. 544.

[59] Il testo di questa conferenza è in L. Campbell - W. Garnett *The Life of James Clerk Maxwell*, Londra 1882, pp. 235-244.

[60] Cfr. già la prefazione di Helmholtz ai *Principi della meccanica* (Lipsia 1894) di Hertz, dove afferma tra l'altro: « in Germania le leggi dell'elettromagnetismo erano dedotte dalla maggior parte dei fisici dall'ipotesi di W. Weber, che aveva cercato di ricondurre i fenomeni elettrici e magnetici a una modifica dell'assunzione di Newton di forze dirette agenti a distanza e secondo una linea retta. Con il crescere della distanza queste forze diminuivano secondo le stesse leggi assegnate da Newton alla forza di gravitazione e che Coulomb aveva dimostrato applicarsi anche all'azione tra coppie di particelle elettriche », etc.; cit. da C. De Marzo *Maxwell e la fisica classica*, Bari 1978, p. 214.

altre « normalità », in concorrenza: per esempio, appunto la concezione di campo; mentre cioè la « normalità » normativa del paradigma dominante lascia il passo, anche nella scienza (progressivamente, in ogni settore di essa), alla rivalità e all'antagonismo, tipicamente moderni, degli indirizzi. Nel processo storico che muove fluidamente, per reazioni di adattamento e non per contrapposizioni, non meno che nella ricostruzione dell'utilità proliferativa delle prospettive quanto più eterodosse, si verifica il moderno trionfo generalizzato del pluralismo: ma se ne può, di conseguenza, anche riconoscere e recuperare la carica difficile di libertà, di emancipazione intellettuale ed esistenziale.

Appare anche confermato che un'opera che procede da un *corpus* organico e coerente di concezioni e di pratiche, non è possibile ammetterla seduta stante, così com'è, quale elemento d'un sistema diverso: particolarmente quella che scaturisce da un nucleo ideale eretico (per la precisione, se ne potrebbe parlare come di un corollario di esso), come quella oerstediana, non può entrare immediatamente come mero nuovo contenuto del patrimonio complessivo della scienza. Essa dovrà essere riscritta e ripensata da chi di quel patrimonio detiene le definizioni più aggiornate. Ma in questo caso siamo in presenza di due importanti « definizioni aggiornate », tra loro, inoltre, rivali e concorrenti. Una presenta importanti picchi di una tendenza antianalitica ed antimatematica: grazie a questa gli specifici, e minoritari, valori prospettici oerstediani trovano una consonanza, dunque una mediazione, e divengono acquisizione accettata e duratura - divengono, anche, un nuovo paradigma, una nuova ortodossia. Sembra ancora una volta corroborata l'astuzia della storia (almeno della storia della scienza), che, anzitutto, procede fluidamente e non rigidamente (non per opposizioni o capovolgimenti ma per assorbimenti, riemersioni, riciclaggi di materiali di costruzione in un diverso contesto architettonico). La vicenda stessa di due diversissime tradizioni nazionali, entrambe « utili », e non necessariamente in un reciproco dialogo, indica la necessità della pluralità, da coltivare, delle prospettive - così come resta acquisita l'importanza che a suo tempo ebbe l'« irregolarità » culturale di Oersted.